

DR. AC



4028

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Patentschrift

DE 196 39 884 C 2

⑯ Int. Cl.⁷:

G 06 K 9/66

G 06 F 15/18

G 01 N 33/493

⑯ Aktenzeichen: 196 39 884.3-53
 ⑯ Anmeldetag: 27. 9. 1996
 ⑯ Offenlegungstag: 3. 4. 1997
 ⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 21. 9. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Unionspriorität:

7-249082 27. 09. 1995 JP

⑯ Patentinhaber:

Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑯ Vertreter:

Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

⑯ Erfinder:

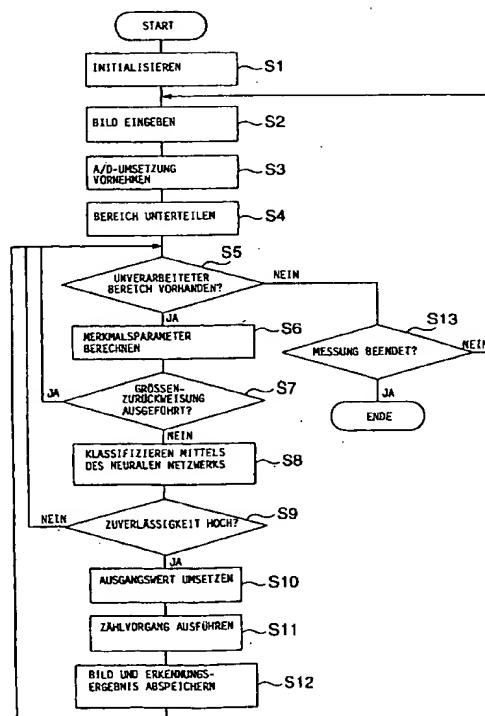
Mitsuyama, Satoshi, Tokio/Tokyo, JP; Motoike, Jun, Hachioji, JP; Oowada, Norio, Ibaraki, JP; Kojima, Yasuaki, Hitachinaka, JP

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	37 05 876 C2
DE	31 46 423 C2
US	53 35 291 A
US	49 65 725 A
EP	5 56 971 A2
JP	58-29 872 B2
JP	57-5 00 995 A
JP	04-2 94 444 A2
JP	03-1 31 756 A2
JP	01-1 19 765 A2
JP	04-1 870 A2

⑯ Mustererkennungssystem

⑯ Mustererkennungssystem mit Netzwerkaufbau (650) zur Klassifizierung eines Objekts unter Zuordnung zu einem Klassifizierungsgegenstand, aufweisend:
 eine Eingangsschicht (651) zum Eingeben von Merkmalsparametern des Objekts,
 eine verborgene Schicht (652) zum Verarbeiten der Merkmalsparameter,
 eine Ausgangsschicht (653) zum Erzeugen eines Erkennungsergebnisses,
 eine Speichereinrichtung (800) zum Speichern des Erkennungsergebnisses, und
 eine Zuverlässigkeitsschaltungseinrichtung (660) zum Bewerten der Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 die Ausgangsschicht (653) Ausgangsknoten aufweist, die den einzelnen Klassifizierungsgegenständen entsprechen,
 die Speichereinrichtung (800) als Erkennungsergebnis den Klassifizierungsgegenstand des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert vermerkt, wenn die Zuverlässigkeitsschaltungseinrichtung (660) eine hohe Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses feststellt,
 ein Speicher (665) zum Speichern eines Zuverlässigkeitsschwellenwerts für jeden Ausgangsknoten vorgesehen ist, und
 die Zuverlässigkeitsschaltungseinrichtung (660) die Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses aufgrund des Ausgangswerts und des Zuverlässigkeitsschwellenwerts jedes Ausgangsknotens ermittelt.



DE 196 39 884 C 2

DE 196 39 884 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft allgemein eine Mustererkennungstechnik, d. h. ein Mustererkennungssystem, das ein Objekt zurückweisen kann, dessen Muster schwer zu erkennen ist, bei dem also die Zuverlässigkeit der Mustererkennungsergebnisse gering ist. Spezieller ist die Erfindung auf ein Mustererkennungssystem gerichtet, das für einen Harnsedimentanalysator geeignet ist, der in Harn enthaltene Teilchen klassifizieren kann.

Harnsedimentuntersuchung ist eine Untersuchung, bei der in Urin enthaltene feste Komponenten wie Blutzellen und Epithelzellen untersucht werden und dann die Sorten und Mengen der jeweiligen festen Komponenten mitgeteilt werden. Herkömmlicherweise wird eine derartige Harnsedimentuntersuchung wie folgt ausgeführt. Es wird eine vorbestimmte Menge an Urin zentrifugiert, um Sedimentkomponenten zu erhalten, die dann angefärbt werden, und dann werden die angefärbten Sedimentkomponenten als Probe auf einem Abstrichträger gesammelt. Dann beobachtet ein Laborant diese Probe unter Verwendung eines Mikroskops. Die jeweiligen Komponenten werden auf Grundlage von Merkmalen mit der Form und der Anfärbbarkeit klassifiziert. Da auch dieselben Komponenten verschiedene Formen zeigen können, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die Klassifizierung dieser Komponenten schwierig ist. Auch existieren Fälle, dass in der Luft vorhandene Verunreinigungen in die Urinprobe eintreten, da eine solche im allgemeinen der offenen Luft ausgesetzt ist. Was derartige Verunreinigungsteilchen betrifft, wird sie der Laborant nicht klassifizieren, sondern er wird nur typische Teilchen klassifizieren, für die dies korrekt ausgeführt werden kann.

Techniken zum automatischen Vornehmen einer Harnsedimentuntersuchung sind z. B. in den Dokumenten JP-A-57-500995 (WO 81/03224), JP-A-63-94156 und JP-A-5-296915 offenbart, gemäß denen im Urin vorhandene feste Komponenten oder Teilchen als Stehbilder photographiert werden. Bei diesen herkömmlichen Techniken wird die Probe so zugeführt, dass sie durch eine Strömungszelle mit speziellen Formen läuft, und die in der Probe enthaltenen Teilchen werden so zugeführt, dass sie in einen weiten Photographierbereich strömen. Wenn feste Komponenten innerhalb der Probe bekannt werden, wird eine Blitzlampe eingeschaltet, und die vergrößerten Bilder der im Urin enthaltenen festen Komponenten werden als Stehbilder photographiert. Um die so photographierten Sedimentkomponenten automatisch zu analysieren, werden als erstes, nachdem der Bereich der Sedimentkomponenten vom zugehörigen Hintergrundbereich des Bilds getrennt ist, die Bildmerkmalsparameter im Bereich der Sedimentkomponenten berechnet. Die Klassifizierung erfolgt auf Grundlage dieser Merkmalsparameter. Als Bildmerkmalsparameter werden z. B. die Fläche, der Umriss und die mittlere Farbdichte verwendet. Eine Technik zum Abtrennen des Bereichs fester Komponenten vom Hintergrundbereich eines Bilds ist z. B. im Dokument JP-A-1-119765 mit dem Titel "Bereichstrennverfahren für Blutzellenbilder" beschrieben. Bei dieser Technik wird der Bildbereich dadurch in Farbbereiche unterteilt, dass ein aus einem Graustufenhistogramm berechneter Schwellenwert verwendet wird.

Als Technik zum Klassifizieren eines Teilchens aus einem Bildmerkmalsparameter beschreiben z. B. US 4,965,725 die automatische Klassifizierung der Zellen auf einem zytologischen Abstrich mittels eines neuronalen Netzwerks und die Dokumente JP-B-58-29872 und JP-A-3-131756 die Klassifizierung eines Blutzellenbilds. Das Dokument JP-B-58-29872 führt aus, dass entweder eine Unterscheidungstheorie, die mit einer mehrstufigen statistischen Unterschei-

dungsfunktion auf Grundlage der Bildmerkmalsparameter kombiniert wird oder die Entscheidungsbaumtheorie verwendet wird. Das Dokument JP-A-3-131756 führt aus, dass als Erkennungstheorie ein mehrschichtiges Netzwerk verwendet wird. Wenn die Mustererkennung unter Verwendung einer Netzwerkstruktur ausgeführt wird, werden normalerweise die folgenden Verfahren verwendet. Als erstes werden Ausgangsknoten bereitgestellt, deren Menge derjenigen der Klassen entspricht, in die Objekte zu klassifizieren sind, und 5 dann werden diese Ausgangsknoten den Klassen jeweils einzeln zugeordnet. Danach wird das Netzwerk dadurch aufgebaut, dass ein Trainingsmuster in solcher Weise verwendet wird, dass dann, wenn ein bestimmtes Muster eingegeben wird, das Ausgangssignal desjenigen Knotens, der der 10 zum Eingangsmuster gehörenden Klasse entspricht, unter den Ausgangssignalen der jeweiligen Ausgangsknoten maximal wird. Wenn einmal ein unbekanntes Muster erkannt wird, wird dieses eingegeben. Wenn nun angenommen wird, dass diejenige Klasse, die dem Ausgangsknoten entspricht, 15 der den Maximalwert ausgibt, als diejenige Klasse erkannt wird, die zum unbekannten Muster gehört, wird diese Klasse als Erkennungsergebnis angezeigt. Das Dokument JP-A-3-131756 beschreibt ferner, dass für den Ausgangswert eine Schwelle vorhanden ist, die dazu benutzt wird, 20 dass eine Probe nicht klassifiziert werden kann, wenn der maximale Ausgangswert kleiner als oder gleich groß wie diese Schwelle ist. Auch das Dokument JP-A-4-1870 beschreibt, dass der Bestätigungsgrad mit dem Schwellenwert verglichen wird; wenn der Bestätigungsgrad größer als der Schwellenwert ist, wird das Ausgangsergebnis als Erkennungsergebnis verwendet, wohingegen andernfalls das Ausgangsergebnis verworfen wird. Infolgedessen kann die Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses erhöht werden. Das Dokument JP-A-4-294444 beschreibt, dass die Ausgangswert-Zuverlässigkeit eines neuronalen Netzwerks durch eine Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung bewertet wird.

Wie vorstehend beschrieben, ist es schwierig, bei einer Harnsedimentuntersuchung eine korrekte Klassifizierung auszuführen. Auch existieren viele Komponenten, die von 25 einem Laboranten nicht notwendigerweise klassifiziert werden. Solche schwierig zu klassifizierenden Objekte können beim Aufbau eines automatischen Untersuchungssystems zu Problemen führen. Z. B. konnten bei einem automatischen Untersuchungssystem wie dem oben beschriebenen, 30 bei dem Sedimentkomponenten als Bild photographiert werden und dann die Erkennung mittels des Bilds ausgeführt wird, wenn eine vorbestimmte Menge an Urin als Probe verwendet wird, in der eine große Anzahl von Sedimentkomponenten vorhanden ist, aufgrund von Hardwarebeschränkungen 35 nicht alle auftretenden Objekte verarbeitet werden, z. B. wegen Beschränkungen hinsichtlich der Bildverarbeitungsgeschwindigkeit, der Bilddaten-Übertragungsgeschwindigkeit sowie der Speicherkapazität des Bildspeichers und eines Datenspeichers. Wenn in solchen Fällen eine sehr große Anzahl nicht klassifizierbarer Komponenten vorhanden ist, 40 besteht die Gefahr, dass Komponenten, die eigentlich klassifiziert werden sollten, übersehen werden, wodurch die statistische Zuverlässigkeit der Klassifizierung beeinträchtigt ist.

Ein Mustererkennungssystem, das mit einem neuronalen 45 Netzwerk arbeitet und die Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses bestimmt, ist auch in US 5,335,291 angegeben, von der der Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgehen. Bei diesem System geben Ausgangswerte von Ausgangsknoten des neuronalen Netzwerk die Klassenzugehörigkeit von Eingangsdaten an. Zur Abschätzung der Zuverlässigkeit dieser Klassifizierung ist das neuronale Netz mit weiteren Ausgangsknoten versehen, deren Ausgangswerte beispielsweise angeben, inwieweit sich der aktuelle Zustand des Netzes

vom Zustand zur Zeit der Lernphase des Netzes entfernt hat, das Netz also in einen Bereich geringer Dichte der Lerndaten extrapolieren muß, oder inwieweit sich die Ausgangswerte von den Lerndaten unterscheiden, woraus Vertrauengrenzen für die Klassifizierung gewonnen werden. Diese Ausgestaltung vergrößert das neuronale Netzwerk und verkompliziert dessen Lernphase.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein effizientes und zuverlässiges Mustererkennungssystem zu schaffen.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit dem in Anspruch 1 angegebenen System. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Normalerweise wird, wenn ein Netzwerk aufgebaut wird (eingelernt wird), ein zu klassifizierendes Lernmuster bereitgestellt. Wenn ein bestimmtes Muster eingegeben wird, wird dafür gesorgt, dass sich eine solche Zielausgangsinformation ergibt, dass das Ausgangssignal desjenigen Ausgangsknotens, der der Klasse entspricht, zu dem das Eingangsmuster gehört, 1 wird, während die Ausgangssignale der anderen Knoten 0 werden. Dann ist dieses Netzwerk so aufgebaut, dass ein mittels der Trainingsdaten angenäherter Wert ausgegeben wird. Wenn ein unbekanntes Muster eingegeben wird, wird diejenige Klasse, die dem Ausgangsknoten entspricht, der unter den jeweiligen Knoten den maximalen Wert ausgibt, als Mustererkennungsergebnis erkannt (nachfolgend einfach als "Erkennungsergebnis" bezeichnet). Es ist denkbar, dass dabei ein derartiges Eingangsmuster näherungsweise einem Trainingsmuster entspricht und entsprechend erkannt wird. D. h., dass die Kombination der von den jeweiligen Ausgangsknoten hergeleiteten Ausgangswerte näherungsweise der Kombination der Werte entspricht, die als Trainingsdaten vorgegeben sind (nur ein Ausgangsknoten gibt 1 aus, und die anderen Ausgangsknoten geben 0 aus). Umgekehrt ist dann, wenn die Kombination der Ausgangswerte der Ausgangsknoten stark von der Kombination der als Trainingsdaten vorgegebenen Werte ist, das Eingangsmuster stark vom Lernmuster verschieden. So ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass diese Komponenten nicht klassifiziert werden müssen oder dass es schwierig ist, sie zu klassifizieren. Selbst wenn eine Erkennung derselben ausgeführt würde, wäre die zugehörige Zuverlässigkeit gering. Z. B. ist die Erkennungszuverlässigkeit gering, wenn der Maximalwert relativ klein ist oder wenn Ausgangswerte neben dem maximalen Ausgangswert relativ große Werte einnehmen.

Infolgedessen werden bei praktischen Ausführungsformen der Erfindung für die jeweiligen Ausgangswerte der Ausgangsknoten in der Netzwerkstruktur Schwellenwerte vorgegeben, und die Erkennungszuverlässigkeit wird auf Grundlage der jeweiligen Ausgangswerte der Ausgangsknoten beurteilt. Nur wenn die Zuverlässigkeit hoch ist, wird das Erkennungsergebnis ausgegeben, um in einer Folgestufe einen Verarbeitungsvorgang auszuführen. Wenn die Zuverlässigkeit gering ist, wird das Erkennungsergebnis nicht ausgegeben, und es wird kein weiterer Verarbeitungsvorgang in der Folgestufe ausgeführt. Andernfalls wird, wenn eine Anzahl vorausgewählter Ausgangsknoten Maximalwerte ausgibt, das Erkennungsergebnis in die Speichereinrichtung eingespeichert. Bei einem System, in das ein zu klassifizierendes Objekt als Bild eingegeben wird, werden vorzugsweise, wenn es schwierig ist, wegen der Auflösung des Abbildungssystems ein zu kleines Objekt zu erkennen, die Fläche dieses kleinen Objekts, sein Umfang und die Projektionslängen entlang der X- und der Y-Achse im Bild berechnet. Dann wird bei einem Objekt mit einer kleineren Abmessung als einer vorgegebenen Abmessung keine Erkennung ausgeführt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung verfügen über eine

Mustererkennungs-Verarbeitungseinrichtung mit einer Netzwerkstruktur aus folgendem: einer Eingangsschicht zum Eingeben eines Merkmalsparameters eines der Erkennung unterliegenden Objekts als Eingangsinformation; einer

- 5 verborgenen oder Zwischenschicht zum Verarbeiten dieser Eingangsinformation und einer Ausgangsschicht zum Ausgeben des Verarbeitungsergebnisses, wobei Ausgangswerte der jeweiligen Ausgangsknoten, die die Ausgangsschicht bilden und die der Eingangsinformation entsprechen, durch
- 10 die Mustererkennungs-Verarbeitungseinrichtung miteinander verglichen werden und eine Klasse, die demjenigen Ausgangsknoten entspricht, dessen Ausgangswert maximal ist, als Erkennungsergebnis hinsichtlich der Eingangsinformation in eine Speichereinrichtung eingespeichert wird, wobei (1) das Mustererkennungssystem ferner eine Zuverlässigkeitbewertungseinrichtung aufweist, um einen Schwellenwert hinsichtlich des Ausgangswerts jedes der Ausgangsknoten einzustellen und um die Zuverlässigkeit eines jeweiligen Erkennungsergebnisses auf Grundlage der Ausgangswerte der jeweiligen Ausgangsknoten zu bewerten, wobei dann, wenn die Zuverlässigkeitbewertungseinrichtung beurteilt, dass die Zuverlässigkeit hoch ist, das Erkennungsergebnis in die Speichereinrichtung eingespeichert wird; und wobei, (2) wenn mehrere vorbestimmte Ausgangsknoten
- 20 Maximalwerte ausgeben, das Erkennungsergebnis in die Speichereinrichtung eingespeichert wird.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann auch bei automatischer Mustererkennung ein Objekt erkannt werden, das nur schwer zu erkennen/zu klassifizieren ist und für das die Erkennungszuverlässigkeit gering ist. Dieses Objekt kann aus den Verarbeitungsstufen herausgenommen werden, so dass deren Wirkungsgrad erhöht werden kann und Speicherkapazität der Speichereinrichtung eingespart werden kann.

- 30 35 Es wird nun auf Fig. 1 Bezug genommen, um ein Ausführungsbeispiel der Erfindung kurz zusammengefasst darzustellen. Zunächst wird ein Merkmalsparameter des zu erkennenden Objekts berechnet (S6). Unter den Merkmalsparametern wird auf die Dimension geachtet, um ein Objekt mit sehr kleiner Dimension aus dem Verarbeitungsvorgang auszuschließen (S7). Ferner werden Parameter, die die Erkennungszuverlässigkeit anzeigen, unter Bezugnahme auf die Ausgangswerte der jeweiligen Ausgangsknoten des neuronalen Netzwerks erhalten. Diese Parameter werden mit Schwellenwerten verglichen, die zum Bewerten der Zuverlässigkeit verwendet werden. Wenn die Zuverlässigkeit gering ist, wird dieses Objekt aus der Erkennung/Klassifizierung ausgeschlossen (S8, S9). Infolgedessen kann bei der Mustererkennung eine Ermittlung solcher Objekte erfolgen, die schwer zu erkennen/zu klassifizieren sind und die bei einer von Hand ausgeführten Mustererkennung vom Laboranten aus der Erkennung ausgeschlossen werden. Dann können andere Objekte erkannt und klassifiziert werden.
- 40 45 50 55 60

Die Erfindung ist am besten aus der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen zu verstehen.

Fig. 1 ist ein Flussdiagramm, das einen Verarbeitungsvorgang veranschaulicht, wie er in einem Harnsedimentanalyzer mit einem Mustererkennungssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ausgeführt wird;

Fig. 2 veranschaulicht schematisch ein Aufbaubeispiel einer Durchsichtsausrüstung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 3 veranschaulicht schematisch ein Aufbaubeispiel eines Bildverarbeitungssystems bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 4 veranschaulicht schematisch ein Aufbaubeispiel eines neuronalen Erkennungsnetzwerks gemäß einem Ausführ-

rungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 5 repräsentiert schematisch die Verbindungsbeziehung zwischen dem neuralen Netzwerk und einem neuralen Netzwerk zur Zuverlässigkeitssbewertung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Fig. 6 veranschaulicht schematisch ein Aufbaubeispiel für einen Harnsedimentanalysator mit einem Mustererkennungssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen wird nun im einzelnen ein Harnsedimentanalysator beschrieben, bei dem ein Mustererkennungssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet ist.

Fig. 6 veranschaulicht schematisch ein Aufbaubeispiel eines derartigen Analysators. Diese Zeichnung zeigt eine Systemanordnung mit einem Bilderzeugungssystem und einem Erkennungssystem im Analysator. Bei diesem Analysator ist eine Strömungszelle 100 zum Erzeugen einer ebenen Strömung einer Urinprobe verwendet. Diese Probenströmung verfügt über geringe Dicke und eine Breite, die sich zwischen einer CCD-Farbfernsehkamera 500 und einer Impulslampe 300 erstreckt. Von einem Halbleiterlaser 210 wird Laserlicht über eine Linse 220 auf die innerhalb der Strömungszelle 100 erzeugte Harnprobenströmung gestrahlt, wobei durch die Zelle auch eine Ummantelungslösung strömt, wobei ein Teilchendetektor 230 ermittelt, dass feste Komponenten durch die Strömungszelle 100 laufen. Synchron mit diesem Ermittlungssignal wird von der Impulslampe 300 emittiertes Licht auf die Urinprobenströmung gestrahlt. Da das Licht der Impulslampe 300 momentan eingestrahlt wird, kann unter Verwendung der CCD-Farbfernsehkamera 500 ein Bild der im Urin enthaltenen festen Komponenten, vergrößert über eine Objektivlinse 400, als Stehbild photographiert werden. Dieser Analysator verfügt über eine Anzahl Messmodi, und er ändert Strömungsbedingungen, z. B. die Geschwindigkeit oder die Menge, hinsichtlich der durch die Strömungszelle 100 fließenden Probe, und er ändert auch die Vergrößerung der Objektlinse 400.

Das erfasste Bild wird an ein Bildverarbeitungssystem 600 übertragen. Dieses Bildverarbeitungssystem 600 ermittelt die Art der im Bild vorhandenen festen Komponenten und zählt die Anzahl von Objekten jeder Sorte in einer einzelnen, gerade untersuchten Probe. Das Zählergebnis wird über eine Ausgabeeinrichtung 700 an eine Bedienperson mitgeteilt. Als Ausgabeeinrichtung 700 wird ein Drucker verwendet. Sowohl die Bilddaten als auch das Erkennungsergebnis zu diesem Bild werden vom Bildverarbeitungssystem 600 an einen Speicher 800 (der ein Festplattenlaufwerk verwendet) übertragen.

Fig. 2 zeigt schematisch ein Aufbaubeispiel für eine Durchsichtausrüstung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Wie es in **Fig. 2** dargestellt ist, kann die Durchsichtausrüstung 900 ein Bild und ein Erkennungsergebnis, wie im Speicher 800 abgespeichert, unter Verwendung eines Computers 920 anzeigen, der mit einer CRT(Kathodenstrahlröhre)-Anzeige 910 und, falls erforderlich, einer Tastatur 930 versehen ist. Eine Bedienperson kann, wenn das auf der CRT-Anzeige 910 angezeigte Erkennungsergebnis einen Fehler zeigt, dieses fehlerhafte Erkennungsergebnis korrigieren, während sie das auf der CRT-Anzeige 910 angezeigte Bild betrachtet, und dann kann sie das korrigierte Erkennungsergebnis erneut in den Speicher einspeichern.

Nun erfolgt eine detailliertere Beschreibung zur Innenanordnung des Bildverarbeitungssystems 600. **Fig. 3** repräsentiert schematisch ein Aufbaubeispiel für ein Bildverarbeitungssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfin-

dung. **Fig. 4** zeigt schematisch Aufbaubeispiel für ein neurales Erkennungsnetzwerk gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. **Fig. 5** zeigt schematisch eine Verbindungsbeziehung zwischen dem neuralen Erkennungsnetzwerk und

5 einem neuralen Netzwerk zur Zuverlässigkeitssbewertung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Ein von der CCD-Farbfernsehkamera 500 eingegebenes analoges Bildsignal wird durch einen A/D-Umsetzer 610 in digitale Bilddaten umgesetzt, die dann an eine Bereichsunterteilungseinheit 620 geliefert werden. Die Bereichsunterteilungseinheit 620 unterteilt ein Bild in einen Hintergrundbereich und einen Objektbereich, und die Bilddaten jedes abgetrennten Objekts werden in einen Bildspeicher 680 eingespeichert. Eine Merkmalsparameter-Berechnungseinheit 630 berechnet einen Merkmalsparameter des abgetrennten Bereichs, der von der Bereichsunterteilungseinheit 620 als Objektbereich abgetrennt wurde. Wenn mehrere Objektbereiche im Bild vorhanden sind, werden jeweils die Merkmalsparameter für diese Objektbereiche berechnet. Was die 10 Merkmalsparameter betrifft, werden z. B. die folgenden Größen verwendet: die Fläche des Objektbereichs, sein Umfang, seine Projektionslänge im Bild entlang der X-Achse, eine andere Projektionslänge desselben entlang der Y-Achse sowie die mittlere Farbdichte.

15 25 In einer Größenrückweisungseinheit 640 wird ein mit der Dimension des Objektbereichs, unter den erhaltenen Merkmalsparametern, in Beziehung stehender Merkmalsparameter verwendet, und für einen Bereich, der kleiner als eine vorbestimmte Größe ist, wird ein Verarbeitungsvorgang weggelassen, der auf den Erkennungsprozess durch das neurale Netzwerk folgt. Da es aufgrund der Auflösung der CCD-Farbfernsehkamera 500 und Einflüssen, wie sie durch die Strömungsgeschwindigkeit der Probe hervorgerufen sind, schwierig ist, ein Objekt mit kleiner Größe korrekt zu klassifizieren, und da ferner die meisten Objekte, die tatsächlich aus der Erkennung ausgeschlossen werden sollten, sehr kleine Komponenten sind, können mittels der Größenrückweisungseinheit 640 anschließende überflüssige Verarbeitungsvorgänge ausgeschlossen werden. Es ist zu beachten, dass die Größenrückweisungseinheit 640 jedesmal dann, wenn ein neuer Messmodus ausgewählt wird, sie einen geeigneten Verarbeitungsvorgang auswählen und ausführen muss, da die Vergrößerung beim Photographievorgang und die Strömungsgeschwindigkeit der Probe bei den 20 30 35 Messmodi voneinander verschieden sind.

35 40 Nun wird ein typischer Verarbeitungsvorgang der Größenrückweisungseinheit für einen Fall beschrieben, bei dem angenommen ist, dass als Merkmalsparameter für den Objektbereich der Umfang L zum Zurückweisen der Größe verwendet wird. Wie bereits beschrieben, verfügt dieses System über mehrere Messmodi mit verschiedenen Strömungsraten für die Urinproben sowie verschiedenen Vergrößerungen der Objektivlinse 400. Für diesen Fall ist die Anzahl von Messmodi als k angenommen. Dann sind k Werte L_1 bis L_k in einen Speicher 645 für Zurückweisungsschwellenwert eingespeichert, und eine Auswahl erfolgt mit dem für den Messmodus passenden Wert. Anders gesagt, wird, wenn das System im Messmodus i betrieben wird, der Wert L_i als Schwellenwert ausgewählt. Wenn L_i mit dem Durchmesser L des Objektbereichs verglichen wird und wenn $L > L_i$ gilt, wird der Merkmalsparameter an das neurale Erkennungsnetzwerk 650 übertragen, um in der folgenden Stufe verarbeitet zu werden. Wenn $L \leq L_i$ gilt, wird das Objekt zurückgewiesen, so dass kein Verarbeitungsvorgang 45 50 55 60 65 in der folgenden Stufe ausgeführt wird, sondern sofort zum Verarbeitungsvorgang für das nächste Objekt übergegangen wird.

65 Es ist zu beachten, dass bei diesem Beispiel zwar die Ver-

wendung des Durchmessers des Objekts beschrieben ist, dass jedoch in ähnlicher Weise ein anderer Merkmalsparameter verwendet werden kann, der die Größe des Objekts anzeigt, dessen Fläche, dessen Projektionslänge entlang der X-Achse oder dessen Projektionslänge entlang der Y-Achse. Alternativ können mehrere Merkmalsparameter kombiniert werden, und es kann der kombinierte Merkmalsparameter verwendet werden. Als Beispiel wird nun ein anderer Fall erläutert, bei dem die Projektionslänge der Px-Achse zusätzlich zum Umfang L verwendet wird. In diesem Fall sind 2k Werte L_1 bis P_{xk} im Schwellenwertspeicher abgespeichert, und wenn das System im Messmodus i betrieben wird, wird der Verarbeitungsvorgang unter Verwendung von L_i und P_{xi} ausgeführt. Wenn $L > L_i$ und $P_x > P_{xi}$ gelten, werden die Verarbeitungsvorgänge in der folgenden Stufe ausgeführt. Andernfalls wird kein Verarbeitungsvorgang in der folgenden Stufe ausgeführt, sondern es wird direkt zum Verarbeitungsvorgang für das nächste Objekt übergegangen.

Die obige Erläuterung erfolgte für Fälle, gemäß denen in jeweiligen Messmodi derselbe Merkmalsparameter verwendet wird. Alternativ könnten z. B. in einem Messmodus 1 der Umfang und die Fläche verwendet werden, während in einem Messmodus 2 die Fläche und die Projektionslänge entlang der X-Achse verwendet werden. D. h., dass in jeweiligen Messmodi verschiedene Merkmalsparameter verwendet werden können oder dass bei jedem Messmodus anders kombinierte Merkmalsparameter verwendet werden können. Es ist auch zu beachten, dass beim Beispiel zwar die zu verwendenden Schwellenwerte im Speicher 645 für Zurückweisungsschwellenwerte abgespeichert sind, dass diese Schwellenwerte jedoch vom Benutzer bei Bedarf umgeschrieben werden können. Dabei wird ein Schwellenwert z. B. dadurch spezifiziert, dass die Tastatur 930 der Durchsichttausrüstung 900 verwendet wird und der spezifizierte Schwellenwert von dieser an den Speicher 645 für Zurückweisungsschwellenwerte übertragen wird.

Ein Merkmalsparameter zu einem nicht von der Größen-zurückweisungseinheit zurückgewiesenen Objekt wird in das neurale Erkennungsnetzwerk 650 eingegeben, um dort erkannt zu werden. Wie es in Fig. 4 veranschaulicht ist, besteht das neurale Erkennungsnetzwerk 650 aus einer Eingangsschicht 651, einer Ausgangsschicht 653 und mehreren verborgenen Schichten 652. In Fig. 4 ist die Anordnung eines neuralen Netzwerks mit q verborgenen Schichten dargestellt, die den Eingangsparameter unter Verwendung von p Werten von Merkmalsparametern in r Klassen (Klassifizierungsgrößen) klassifizieren. Die Eingangsschicht 651 verfügt über dieselbe Anzahl von Knoten, wie Merkmalsparameter vorliegen, und in jedem der Knoten wird ein spezieller Merkmalsparameter eingegeben. Die Ausgangsschicht 653 verfügt über dieselbe Anzahl wie zu klassifizierende Klassen (Klassifizierungsgrößen) vorliegen, wobei die jeweiligen Knoten den jeweiligen speziellen Klassen (Klassifizierungsgrößen) entsprechen. Im Fall eines Urinsedimentanalysators existieren z. B. rote Blutzellen, weiße Blutzellen und Epithelzellen als Klassen (Klassifizierungsgrößen). Die verborgene Schicht 652 besteht entweder aus einer einzelnen Schicht oder mehreren Schichten, und jede dieser Schichten verfügt über mehrere Knoten.

Die Eingangsschicht 651 gibt den Eingangswert an die jeweiligen Knoten in der ersten Schicht der verborgenen oder Zwischenschicht 652. Die jeweiligen Knoten der verborgenen Schicht 652 geben eine gewichtete Summe der Ausgangswerte der jeweiligen Knoten der Schichten in den Vorstufen mit festgelegt monoton zunehmender Funktion, die als "S-Funktion" bezeichnet wird, ein, und dann geben sie den auf Grundlage der S-Funktion berechneten Wert als Ausgangswert des Knotens aus. Die von den jeweiligen

Knoten der verborgenen Schicht 652 und der Ausgangsschicht 653 ausgeführte Berechnung ist durch die folgende Gleichung 1 wiedergegeben:

$$5 \quad z = f(\sum w_i x_i - \Theta) \quad (1).$$

Es ist zu beachten, dass das Symbol z den Ausgangswert der folgenden Schicht angibt, das Symbol x_i den Ausgangswert des Knotens i der vorangehenden Schicht angibt, das Symbol w_i einen Gewichtungswert angibt, das Symbol Θ einen Schwellenwert angibt, das Symbol f die S-Funktion repräsentiert und die Summierung \sum so ausgeführt wird, dass i von 1 bis n läuft, das Symbol n ist die Anzahl der Knoten in der vorangehenden Schicht. Als Beispiel ist die S-Funktion durch die folgende Gleichung (2) gegeben:

$$f(x) = 1 / \{1 + \exp(-x)\} \quad (2).$$

Die Funktion des neuralen Netzwerks ist durch den Gewichtungswert W_i und den Schwellenwert Θ definiert, wie bei jedem der Knoten verwendet. Bei diesem Analysator sind verschiedene Gewichtungswerte W_i und verschiedene Schwellenwerte Θ für die jeweiligen Modi im Gewichtungswertspeicher 655 abgespeichert, und die Werte für die jeweiligen Modi werden während des Betriebs in das neurale Erkennungsnetzwerk 650 eingegeben.

Das neurale Erkennungsnetzwerk 650 lernt zuvor unter Verwendung von Trainingsdaten für jeden Messmodus. Während des Lernvorgangs wird eine große Anzahl von zu den jeweiligen Klassen (Klassifizierungsgrößen) gehörenden Daten bereitgestellt, und wenn ein Merkmalsparameter für ein bestimmtes Bild eingegeben wird, wird das Ausgangssignal des Knotens in der Ausgangsschicht 653, der der Klasse entspricht, zu der dieses Bild gehört, auf 1 eingestellt, wohingegen die Ausgangswerte der anderen Knoten der Ausgangsschicht 653 auf 0 eingestellt werden. Z. B. wird der Lernvorgang auf solche Weise ausgeführt, dass Merkmalsparameter 1 bis p, die aus Bildern berechnet wurden, die zur Klasse 1 gehören, in die jeweiligen Knoten der Eingangsschicht 651 eingegeben werden und dafür gesorgt wird, dass die Ausgangswerte der der Klasse 1 entsprechenden Knoten in der Ausgangsschicht 653 den Wert 1 einnehmen, wohingegen die Ausgangssignale der den Klassen 2 bis r entsprechenden Knoten den Wert 0 einnehmen. Als Lernverfahren für das neurale Netzwerk kann z. B. das Rückwärtsausbreitungsverfahren verwendet werden (wie es z. B. in "Neural Network Information Processing", herausgegeben von Sangyo-Tosho, 1988, S. 50 bis 54 beschrieben ist).

Das Ausgangssignal des neuralen Erkennungsnetzwerks 650 wird an die Zuverlässigkeitbewertungseinheit 660 von Fig. 3 geliefert. Diese beurteilt auf Grundlage eines der im folgenden erörterten Verfahren (1) bis (7), ob die Zuverlässigkeit hinsichtlich des Erkennungsergebnisses hoch ist oder nicht. Nur wenn sie beurteilt, dass die Zuverlässigkeit hoch ist, werden die Ausgangswerte der jeweiligen Ausgangsknoten des neuralen Erkennungsnetzwerks 650 an die Ausgangswert-Umsetzeinheit 690 übertragen, Bilddaten für das Objekt werden aus dem Bildspeicher 680 gelesen, und die gelesenen Bilddaten werden dann in den Bildspeicher 800 eingespeichert. Alternativ kann die Bedienperson eines der unter erörterten Verfahren (1) bis (7) auswählen.

Dabei erfolgt die Auswahl von der Bedienperson z. B. unter Verwendung der Tastatur 930 an der Durchsichttausrüstung 900. Es ist zu beachten, dass beim folgenden neuralen Erkennungsnetzwerk 650 die zu klassifizierende Klasse eine von r Klassen ist, der Ausgangswert jedes Ausgangsknotens der Ausgangsschicht 653 des neuralen Erkennungsnetz-

werks **650** $Z_i (1 \leq i \leq r)$ ist und der Schwellenwert hinsichtlich des Ausgabewerts jedes Ausgangsknotens $S_i (1 \leq i \leq r)$ ist. Ferner werden die Werte $Z_i (1 \leq i \leq r)$ in absteigender Reihenfolge sortiert, wobei die Ausgangswerte der Ausgangsknoten zu Z_{h1} (für den Maximalwert gilt $Z_a = Z_{h1}$), Z_{h2} (zweitmaximaler Wert $Z_b = Z_{h2}$), Z_{h3}, \dots, Z_{hr} (Minimalwert) angenommen sind, denen die Schwellenwerte $S_i (1 \leq i < r)$ hinsichtlich der jeweiligen Ausgangswerte der jeweiligen Ausgangsknoten als $S_{h1}, S_{h2}, S_{h3}, \dots, S_{hr}$ entsprechen. Wenn z. B. die in absteigender Reihenfolge sortierten Ergebnisse die Werte Z_5 (Maximalwert), Z_3, Z_1, \dots sind, mit $h1 = 5, h2 = 3, h3 = 1, \dots$, wird Z_5 (Maximalwert) mit S_5 verglichen.

Es sei auch angenommen, dass der der Klasse a ($1 \leq a < r$) entsprechende Knoten den Maximalwert Z_1 ausgibt und der Klasse b ($1 \leq b \leq r$) entsprechende Knoten den zweitmaximalen Wert Z_b ausgibt.

(1) Der Schwellenwert $S_i (1 \leq i \leq r)$ wird so vorab eingestellt und dann, wenn $Z_a > S_a$ gilt, erfolgt die Beurteilung, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist. Anders gesagt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist, wenn der Maximalwert unter den Ausgangswerten der jeweiligen Ausgangsknoten der Ausgangsschicht größer als der Schwellenwert ist, der für diesen Ausgangsknoten betreffend die Ausgabe des Maximalwerts eingestellt ist. Es ist zu beachten, dass $Z_a = Z_{h1}$ gilt.

(2) Wenn vorab der Schwellenwert $T_i (1 \leq i \leq r)$ eingestellt ist und $Z_b < T_b$ gilt, erfolgt die Beurteilung, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist. Anders gesagt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist, wenn der zweitmaximale Wert unter den Ausgangswerten der jeweiligen Ausgangsknoten der Ausgangsschicht kleiner als der Schwellenwert ist, der für den Ausgangsknoten voreingestellt ist, der den zweitmaximalen Wert ausgeben soll. Es ist zu beachten, dass $Z_b = Z_{h2}$ gilt.

(3) Wenn der Schwellenwert $U_i (1 \leq i \leq r)$ eingestellt wird und wenn $(Z_a - Z_b) > U_a$ gilt, erfolgt die Beurteilung, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist. Anders gesagt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist, wenn die Differenz zwischen dem Maximalwert und dem zweitmaximalen Wert unter den Ausgangswerten der jeweiligen Ausgangsknoten der Ausgangsschicht größer als der Schwellenwert ist, der für den Ausgangsknoten zum Ausgeben des Schwellenwerts voreingestellt ist. Es ist zu beachten, dass $Z_a = Z_{h1}$ und $Z_b = Z_{h2}$ gelten.

(4) Wenn der Schwellenwert $V_i (1 \leq i \leq r)$ vorab eingestellt wird und wenn der aus der Gleichung (3) bezeichnete Wert R der Bedingung $R > V_a$ genügt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist. Es ist zu beachten, dass in der Gleichung (3) $Z_{h1} = Z_a$ gilt und dass die Summierung Σ für i von 1 bis r ausgeführt wird. Anders gesagt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist, wenn das Verhältnis des Maximums unter den Ausgangswerten der jeweiligen Ausgangsknoten der Ausgangsschicht zur Summe der Ausgangswerte der jeweiligen Ausgangsknoten größer als der Schwellenwert ist, der für den Ausgangsknoten zum Ausgeben des Maximalwerts eingestellt ist:

$$R = Z_{h1} / \{\Sigma Z_i\} \quad (3).$$

(5) Wenn vorab der Schwellenwert $W_i (1 \leq i \leq r)$ eingestellt wird und der aus der Gleichung (4) berechnete

5

10

Wert der Bedingung $Q < W_a$ genügt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist. Es ist zu beachten, dass in der Gleichung (4) $Z_{h1} = Z_a$ gilt und dass die Summierung Σ für i von 1 bis r ausgeführt wird. Anders gesagt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist, wenn Q kleiner als der Schwellenwert ist, der für den Ausgangsknoten zum Ausgeben des Maximalwerts unter den Ausgangswerten der Ausgangsknoten der Ausgangsschicht eingesetzt ist:

$$Q = (Z_{h1} - 1)^2 + \Sigma (Z_{hi})^2 \quad (4)$$

In diesem Fall entspricht der berechnete Wert Q dem Quadrat des geometrischen Abstands (Summe der quadrierten Differenzen der jeweiligen Komponenten) zwischen dem idealen Ausgangsvektor ($Z_a = 1, Z_i = 0, i \neq a$) und dem tatsächlichen Ausgangsvektor, wenn angenommen ist, dass die Kombination der Ausgangswerte des neuronalen Erkennungsnetzwerks **650** als Vektor angesehen wird.

(6) Es werden mehrere der vorstehend beschriebenen Bedingungen (1) bis (5) ausgewählt, und nur dann, wenn beurteilt wird, dass die Zuverlässigkeit hinsichtlich aller ausgewählter Bedingungen hoch ist, wird der Ausgangswert des neuronalen Erkennungsnetzwerks **650** an die Ausgangswert-Umsetzeinheit **690** übertragen. Wenn z. B. die Bedingungen (1) und (3) verwendet werden, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist, wenn die Schwellenwerte S_i und $U_i (1 \leq i < r)$ vorab eingestellt sind und $Z_a > S_a$ gilt und auch $(Z_a - Z_b) > U_a$ gilt. Anders gesagt, wählt die Bedienperson aus den vorstehend erläuterten Bedingungen (1) bis (5) mehrere Bedingungen aus, und nur dann, wenn die Beurteilung erfolgt, dass die Zuverlässigkeit bei allen ausgewählten Bedingungen hoch ist, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist.

(7) Alternativ kann als Maßnahme zum Bewerten der Erkennungszuverlässigkeit ein anderes neurales Netzwerk zum Bewerten der Zuverlässigkeit, das sich vom vorstehend beschriebenen neuronalen Netzwerk **650** unterscheidet, verwendet werden. Für diesen Fall ist die Verbindungsbeziehung zwischen dem neuronalen Netzwerk **650** und einem anderen neuronalen Netzwerk **661** zur Zuverlässigkeitbewertung in Fig. 5 dargestellt. Das dabei verwendete neurale Zuverlässigkeitbewertungsnetzwerk verfügt über einen Eingangsknoten zum Eingeben des Ausgangswerts $Z_i (1 \leq i \leq r)$ des neuronalen Netzwerks **650** sowie über $r + 1$ Ausgangsknoten. Nun sei angenommen, dass r Ausgangsknoten den jeweiligen Klassen entsprechen und der restliche eine Knoten dazu verwendet wird, "Klassifizierung unmöglich" anzuzeigen, wobei dann, wenn hohe Wahrscheinlichkeit für fehlerhafte Klassifizierung besteht, ein großer Wert ausgegeben wird. Das neurale Zuverlässigkeitbewertungsnetzwerk **661** führt einen Lernvorgang wie folgt aus. Es sei angenommen, dass die Merkmalsparameter verschiedener Testmuster (alternativ können Muster verwendet werden, wie sie beim Trainieren des neuronalen Netzwerks **650** verwendet werden) nach dem Lernvorgang in das neurale Netzwerk **650** eingegeben werden und der dabei auftretende Ausgangswert als Eingangswert des neuronalen Zuverlässigkeitbewertungsnetzwerks **661** verwendet wird. Dann wird, wenn die vom neuronalen Netzwerk **650** ausgeführte Erkennung korrekt ist, ein solcher Sollausgangswert an das neurale Zuverlässigkeitserkennungsnetzwerk geliefert, dass der dieser Klasse entsprechende Ausgangsknoten

den Wert 1 einnimmt und die anderen Ausgangsknoten den Wert 0 einnehmen. Wenn die vom neuronalen Netzwerk 650 ausgeführte Erkennung fehlerhaft ist, wird diejenige erwünschte Ausgangsinformation an das neurale Zuverlässigkeitssbewertungsnetzwerk geliefert, dass der "Klassifizierung unmöglich" repräsentierende Ausgangsknoten den Wert 1 einnimmt und die anderen Ausgangsknoten den Wert 0 einnehmen.

Wenn tatsächliche Erkennung ausgeführt wird, wird der Merkmalsparameter des Objektbilds in das neurale Netzwerk 650 eingegeben, und die Ausgangswerte der jeweiligen Ausgangsknoten desselben werden in das neurale Zuverlässigkeitssbewertungsnetzwerk 661 eingegeben. Wenn der Knoten zum Ausgeben des Maximalwerts unter den jeweiligen Ausgangswerten ein anderer Knoten als der Knoten für "Klassifizierung unmöglich" ist, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit hoch ist. Anders gesagt, wird beurteilt, dass die Erkennungszuverlässigkeit niedrig ist, wenn der Knoten zum Ausgeben des Maximalwerts unter den jeweiligen Ausgangswerten im Knoten für "Klassifizierung unmöglich" entspricht. Obwohl in diesem Fall die Anzahl der Ausgangsknoten des neuronalen Zuverlässigkeitssbewertungsnetzwerks zu $r + 1$ angenommen ist, kann die Anzahl der Ausgangsknoten kleiner als $r + 1$ gewählt werden, solange diese Ausgangsknoten einen Knoten für die Beurteilung "Klassifizierung unmöglich" aufweisen.

Wenn die Verfahren (1) bis (6) verwendet werden, werden für die Messmodi jeweils verschiedene Schwellenwerte verwendet, die in den Speicher 665 für Zuverlässigkeitsschwellenwerte eingespeichert werden. Alternativ können für die jeweiligen Messmodi jeweils verschiedene Verfahren verwendet werden.

In der Ausgabewert-Umsetzeinheit 690 werden die jeweiligen Ausgangsknoten mit den Ausgangsgrößen in Beziehung gesetzt, und das Klassifizierungsergebnis wird an die Zähleinheit 670 und den Speicher 800 übertragen. Wenn bei diesem System angenommen wird, dass die Anzahl der Ausgangsknoten des neuronalen Erkennungsnetzwerks 650 r ist und die Anzahl der tatsächlich vom System zu klassifizierenden Einzelobjekte t ist, gilt $r \geq t$. Anders gesagt, werden, wenn das Klassifizierungsergebnis ausgegeben wird, r Ausgangsknoten des neuronalen Erkennungsnetzwerks 650 mit der Anzahl zu klassifizierender Größen (Klassen) in Beziehung gesetzt. Diese Beziehungsvorgehensweise ist in einer Umsetzungstabelle 695 abgespeichert. In der Ausgabewert-Umsetzeinheit 690 wird der Ausgangsknoten des neuronalen Erkennungsnetzwerks 650, der den maximalen Ausgangswert liefert, mit der Klasse in Beziehung gesetzt, während auf den Inhalt der Umsetzungstabelle 695 Bezug genommen wird. Wenn ein Ausgangsknoten, für den in der Umsetzungstabelle 695 keine entsprechende Klasse beschrieben ist, unter den Knoten des neuronalen Erkennungsnetzwerks 650 den Maximalwert ausgibt, wird keine Klassifizierung ausgeführt, was entsprechend wie der Fall gehandhabt wird, dass die Erkennungszuverlässigkeit niedrig ist. Der Inhalt dieser Umsetzungstabelle 695 kann z. B. mittels der Tastatur 630 der Durchsichtausrüstung 900 umgeschrieben werden. Es werden mehrere Arten von Umsetzungstabellen vorbereitet, und dann werden die verschiedenen Umsetzungstabellen entsprechend den jeweiligen Messmodi ausgewählt. Der Grund, weswegen ein derartiger Vorgang ausgeführt wird, ist der, dass klinikabhängig verschiedene Verfahren zum Klassifizieren von Harnsedimenten ausgeführt werden. D. h., dass die Einzelobjekte im neuronalen Erkennungsnetzwerk 650 mit genauen Klassifizierungen klassifiziert werden, wohingegen in der Ausgabewert-Umsetzeinheit 690 einige Klassifizierungsklassen des neuronalen Erkennungs-

netzwerks 650 so kombiniert werden, dass ein Einzelobjekt gebildet ist, so dass eine Klassifizierung ausgeführt werden kann, die für die Klassifizierungsverfahren jeweiliger Kliniken geeignet ist. In diesem Fall können, da der Inhalt der Umsetzungstabelle 695 umschreibbar ist, die Klassifizierungsgrößen für die jeweiligen Krankenhäuser leicht geändert werden.

Die Zähleinheit 670 verfügt über Zähler, deren Anzahl derjenigen der zu klassifizierenden Klassen (Klassifizierungsgrößen) entspricht, und sie inkrementiert den Wert des Zählers, der der in der Ausgabewert-Umsetzeinheit 690 klassifizierten Größe entspricht. Wenn die Messung hinsichtlich einer untersuchten Probe abgeschlossen ist, wird der Inhalt des Zählers an die Ausgabeeinrichtung 700 übertragen, und die Werte der jeweiligen Zähler werden auf 0 zurückgesetzt. Jedesmal dann, wenn die Messung hinsichtlich einer untersuchten Probe abgeschlossen ist, gibt die Ausgabeeinrichtung 700 aus, wieviele Sedimentkomponenten jeder Klassengröße ermittelt werden konnten. Hinsichtlich dieser untersuchten Probe ist im Speicher 800 die Menge von Objekten abgespeichert, die ermittelt, jedoch nicht klassifiziert wurden, z. B. die Menge von Objekten, die wegen ihrer Größe zurückgewiesen wurden, und die Anzahl von Objekten, die aufgrund geringer Zuverlässigkeit aus der Klassifizierung ausgeschlossen wurden. Anders gesagt, ist im Speicher die Anzahl ermittelter, jedoch nicht klassifizierter Erkennungsobjekte (Muster), für die kein Erkennungsergebnis erzielt werden konnte, abgespeichert.

Fig. 1 ist ein Flussdiagramm, das die vorstehend beschriebenen Verarbeitungsvorgänge veranschaulicht, wie sie im Urinsedimentanalysator mit dem Mustererkennungssystem gemäß dem einen Ausführungsbeispiel der Erfindung ausgeführt werden. D. h., dass Fig. 1 den Prozessablauf für ein gerade untersuchtes Objekt zeigt. Nun erfolgt eine Beschreibung für diesen Verarbeitungsablauf:

– Schritt S1: Zu Initialisierungszwecken wird der Zähler der Zähleinheit 670 gelöscht (zurückgesetzt), das Größenrückweisungsverfahren wird ausgewählt, der Größenrückweisungs-Schwellenwert wird in den Speicher 645 für Zurückweisungsschwellenwerte eingeschrieben, hinsichtlich der Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung wird der Zuverlässigkeitssbewertung-Schwellenwert in den Speicher 665 für Zuverlässigkeitsschwellenwerte eingeschrieben, und es wird die Ausgabewert-Umsetzungstabelle 695 ausgewählt.

– Schritt S2: Das Objekt wird photographiert und das photographierte Bild wird eingegeben.

– Schritt S3: Das Bildsignal wird A/D-umgesetzt.

– Schritt S4: Es erfolgt eine Bereichsunterteilung zum Unterteilen des Bildsignals in den Objektbereich und den Hintergrundbereich.

– Schritt S5: Überprüfen, ob ein unverarbeiteter Objektbereich vorhanden ist, da Fälle existieren, bei denen mehrere unabhängige Objekte (Bereiche) in einem einzelnen Bild vorhanden sind. Wenn ein unverarbeiteter Objektbereich vorliegt, wird ein Verarbeitungsvorgang gemäß einem Schritt S13 ausgeführt. Wenn ein unverarbeiteter Objektbereich vorliegt, werden Verarbeitungsvorgänge ausgeführt, wie sie in den auf den Schritt S6 folgenden Schritten definiert sind.

– Schritt S6: Berechnen des Bildmerkmalsparameters für den interessierenden Objektbereich.

– Schritt S7: Zurückweisen eines Objekts mit kleinerer Größe als einer vorbestimmten Größe unter Verwendung von Werten, die die Abmessung des Objektbereichs anzeigen, z. B. der Fläche, des Umfangs oder einer Projektionslänge, die zu den Bildmerkmalsparametern

tern gehören. Wenn eine Zurückweisung vorgenommen wird, kehrt der Verarbeitungsvorgang zum Schritt S5 zurück, in dem die Verarbeitung für einen im Bild verbliebenen Objektbereich erfolgt. Wenn keine Zurückweisung aufgrund der Größe erfolgt, wird der im Schritt S8 definierte Verarbeitungsvorgang ausgeführt.

– Schritt S8: Eingabe des Merkmalsparameters in das neurale Erkennungsnetzwerk 650, damit dieser klassifiziert wird.

– Schritt S9: Beurteilen, unter Bezugnahme auf die Ausgangswerte des neuralen Erkennungsnetzwerks 650, ob die Klassifizierungszuverlässigkeit hoch ist oder nicht. Die Beurteilung, ob die Klassifizierungszuverlässigkeit hoch ist oder nicht, wird unter Verwendung eines beliebigen der obenangegebenen Verfahren (1) bis (7) ausgeführt. Wenn beurteilt wird, dass die Zuverlässigkeit gering ist, wird der im Schritt S5 definierte Verarbeitungsvorgang ausgeführt, in dem die im Bild enthaltenen restlichen Objektbereiche verarbeitet werden. Wenn beurteilt wird, dass die Zuverlässigkeit hoch ist, wird der Verarbeitungsvorgang gemäß dem folgenden Schritt S10 ausgeführt.

– Schritt S10: Ausführen einer Ausgangswertumsetzung, durch die die jeweiligen Ausgangsknoten des neuralen Erkennungsnetzwerks 650 in Beziehung zur jeweiligen Klassifizierungsgröße gesetzt werden. 25

– Schritt S11: Zählen, wieviele Objekte der jeweiligen Klassifizierungsgrößen von der Zähleinheit 670 ermittelt wurden.

– Schritt S12: Sowohl das Objektbild als auch das Erkennungsergebnis werden in den Speicher 800 eingespeichert. Nachdem die Verarbeitungsvorgänge bis zum Schritt S12 abgeschlossen sind, kehrt der Ablauf erneut zum Schritt S5 zurück, in dem der Verarbeitungsvorgang für die restlichen im Bild enthaltenen 35 Objektbereiche ausgeführt wird.

– Schritt S13: Es wird beurteilt, ob die Messung für die gerade untersuchte Probe abgeschlossen ist oder nicht. Wenn die Messung abgeschlossen ist, werden die Verarbeitungsvorgänge beendet. Wenn dagegen die 40 Messung nicht abgeschlossen ist, kehrt der Ablauf zum Schritt S2 zurück, in dem ein Bild neu eingegeben wird, und dann werden die Verarbeitungsvorgänge gemäß den obenbeschriebenen Schritten ausgeführt.

Während als Ausführungsbeispiel für ein erfundungsgemäßes Mustererkennungssystem ein Urinsedimentanalytator beschrieben ist, ist die Erfindung nicht hierauf beschränkt, sondern sie kann z. B. bei verschiedenen Blutbildklassifizierungen verwendet werden, z. B. bei Klassifizierung für rote Blutzellen oder solchen für weiße Blutzellen. Die Erfindung kann auch bei solchen Systemen angewandt werden, die die Außenform einer Pflanze, die Außenform eines Blatts einer Pflanze oder die Form eines Mikroorganismus klassifizieren. 50

Bei Mustererkennungssystemen können zwar häufig erscheinende Objekte mehr oder weniger stark zurückgewiesen werden, jedoch ist es erforderlich, dass selten auftretende Objekte nicht übersehen werden. Selten auftretende Objekte sollten also so wenig wie möglich zurückgewiesen werden. Insbesondere ist es bei Urinsedimentuntersuchungen, wie sie oben beschrieben sind, wirkungsvoll, dass Erkennungsergebnisse dadurch zurückgewiesen werden, dass entsprechende Schwellenwerte für die Ausgangswerte für die jeweiligen Ausgangsknoten des neuralen Netzwerks eingestellt werden. Bei einer Urinsedimentuntersuchung sollte hinsichtlich auftretender Objekte z. B. die folgende Maßnahme vorhanden sein. Als Ergebnis eines Vergleichs zwi- 55

schen der Koinzidenzrate beim Verfahren, gemäß dem keine Zurückweisung eines Erkennungsergebnisses erfolgt, und der Koinzidenzrate beim obenerläuterten Verfahren (1) zum Ausführen einer Zurückweisung von Erkennungsergebnissen, betrug die erstgenannte Koinzidenzrate ungefähr 60% und die zweitgenannte Koinzidenzrate ungefähr 90%. Dieser Vergleich wurde für dasselbe Untersuchungsobjekt ausgeführt. Die Koinzidenzrate ist eine Rate, bei der das durch das Analytorsystem erzielte Klassifizierungsergebnis und

10 das durch Beobachtung erzielte Klassifizierungsergebnis für alle Objekte gleich sind. Infolgedessen entsprach das durch das Analytorsystem erhaltene Klassifizierungsergebnis ungefähr dem durch Beobachtung erhaltenen Klassifizierungsergebnis.

15

Patentansprüche

1. Mustererkennungssystem mit Netzwerkaufbau (650) zur Klassifizierung eines Objekts unter Zuordnung zu einem Klassifizierungsgegenstand, aufweisend:

eine Eingangsschicht (651) zum Eingeben von Merkmalsparametern des Objekts,
eine verborgene Schicht (652) zum Verarbeiten der Merkmalsparameter,
eine Ausgangsschicht (653) zum Erzeugen eines Erkennungsergebnisses,
eine Speichereinrichtung (800) zum Speichern des Erkennungsergebnisses, und

eine Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung (660) zum Bewerten der Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses,

dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsschicht (653) Ausgangsknoten aufweist, die den einzelnen Klassifizierungsgegenständen entsprechen,

die Speichereinrichtung (800) als Erkennungsergebnis den Klassifizierungsgegenstand des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert vermerkt, wenn die Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung (660) eine hohe Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses feststellt,

ein Speicher (665) zum Speichern eines Zuverlässigkeitsschwellenwerts für jeden Ausgangsknoten vorgesehen ist, und

die Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung (660) die Zuverlässigkeit des Erkennungsergebnisses aufgrund des Ausgangswerts und des Zuverlässigkeitsschwellenwerts jedes Ausgangsknotens ermittelt.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung (660) eine hohe Zuverlässigkeit feststellt, wenn der größte Ausgangswert der Ausgangsknoten größer als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert ist.

3. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung (660) eine hohe Zuverlässigkeit feststellt, wenn der zweitgrößte Ausgangswert der Ausgangsknoten kleiner als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem zweitgrößten Ausgangswert ist.

4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zuverlässigkeitssbewertungseinrichtung (660) eine hohe Zuverlässigkeit feststellt, wenn die Differenz zwischen dem größten und dem zweitgrößten Ausgangswert der Ausgangsknoten größer als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert ist.

5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zuverlässigkeitsschwelleneinrichtung (660) eine hohe Zuverlässigkeit feststellt, wenn das Verhältnis des größten Ausgangswerts der Ausgangsknoten zur Summe der Ausgangswerte der Ausgangsknoten größer als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert ist. 5

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zuverlässigkeitsschwelleneinrichtung (660) die Differenz zwischen dem Ausgangswert jedes Ausgangsknotens und einem zugehörigen Vergleichswert, der für den jeweiligen Ausgangsknoten bei einem idealen Erkennungsergebnis gelten würde, berechnet und eine hohe Zuverlässigkeit feststellt, wenn die Summe der Quadrate der Differenzen kleiner als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert ist. 10

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zuverlässigkeitsschwelleneinrichtung (660) eine hohe Zuverlässigkeit feststellt, wenn mehrere der folgenden Bedingungen (1) bis (5) erfüllt sind: 20

(1) der größte Ausgangswert der Ausgangsknoten ist größer als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert, 25

(2) der zweitgrößte Ausgangswert der Ausgangsknoten ist kleiner als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem zweitgrößten Ausgangswert, 30

(3) die Differenz zwischen dem größten und dem zweitgrößten Ausgangswert der Ausgangsknoten ist größer als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert, 35

(4) das Verhältnis zwischen dem größten Ausgangswert und der Summe der Ausgangswerte der Ausgangsknoten ist größer als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert, und 40

(5) die Summe der Quadrate der Differenzen zwischen dem Ausgangswert jedes Ausgangsknotens und einem zugehörigen Vergleichswert, der für den jeweiligen Ausgangsknoten bei einem idealen Erkennungsergebnis gelten würde, ist kleiner als der Zuverlässigkeitsschwellenwert des Ausgangsknotens mit dem größten Ausgangswert. 45

8. System nach Anspruch 7 mit einer Eingabeeinrichtung (930), mit der eine Bedienungsperson eine Kombination mehrerer Bedingungen auswählen kann. 50

9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Eingabeeinrichtung (930), mit der eine Bedienungsperson die jeweiligen Zuverlässigkeitsschwellenwerte einstellen kann.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Ausgangswert-Umsetzeinheit (690) zur Zuordnung der einzelnen Ausgangsknoten zu auszugebenden Klassifizierungsgegenständen mittels einer Umsetztabelle (695), die eine Beziehung zwischen den einzelnen Ausgangsknoten und den auszugebenden Klassifizierungsgegenständen enthält. 55

11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das einen Harnsedimentanalysator mit einem Bildaufnahmesystem darstellt, das eine Strömungszelle (100), eine Impulslampe (300) und eine optische Vergrößerungseinrichtung (400) beinhaltet, wobei eine Urinprobe mit festen Komponenten in die Strömungszelle strömt, Licht der Impulslampe auf ein Teilchen 65

strahlt, das durch einen Photographierbereich in der Strömungszelle läuft, unter Verwendung der optischen Vergrößerungseinrichtung ein vergrößertes Bild des Teilchens aufgenommen wird und dieses als Objekt der Mustererkennung unterworfen wird.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

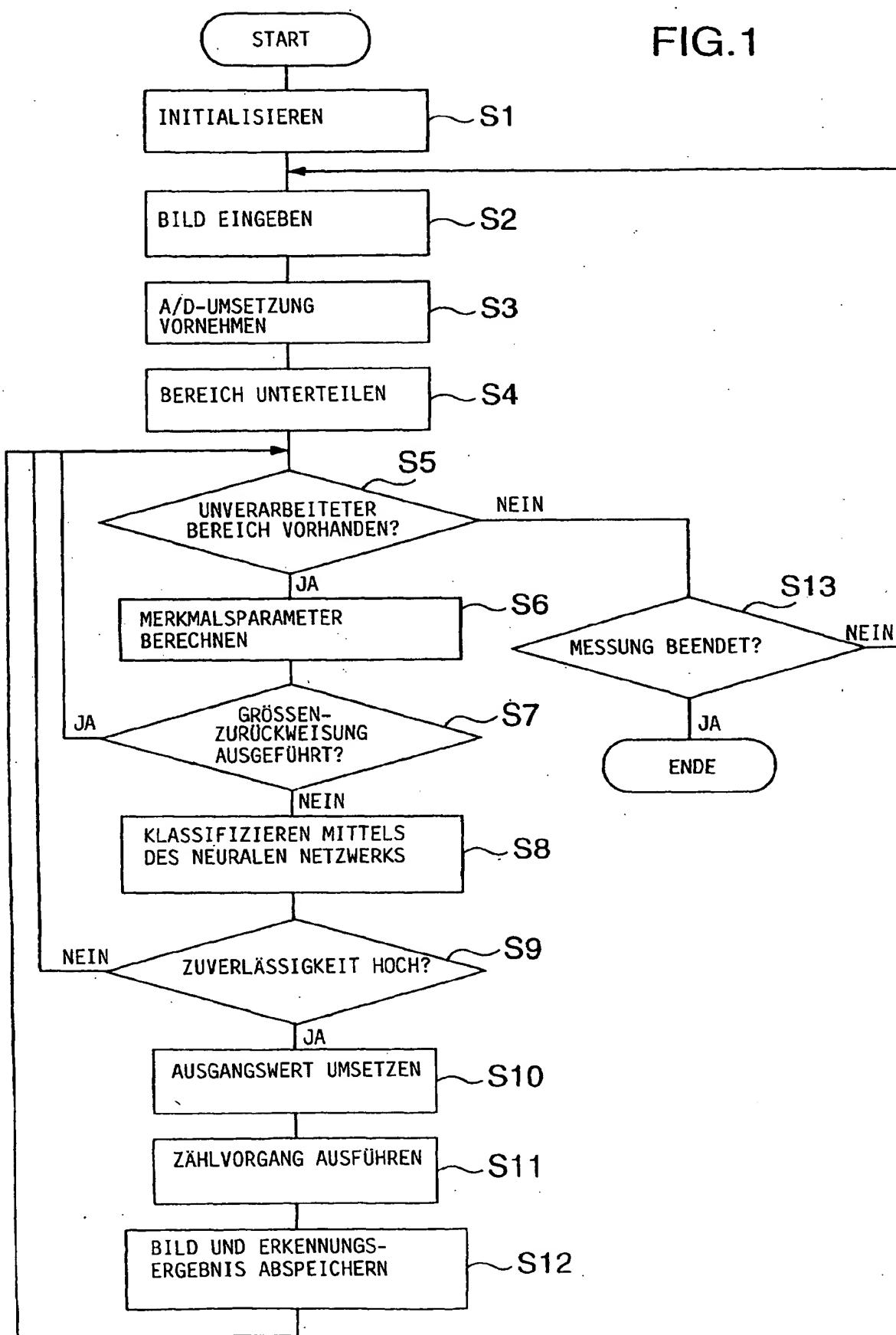


FIG.2

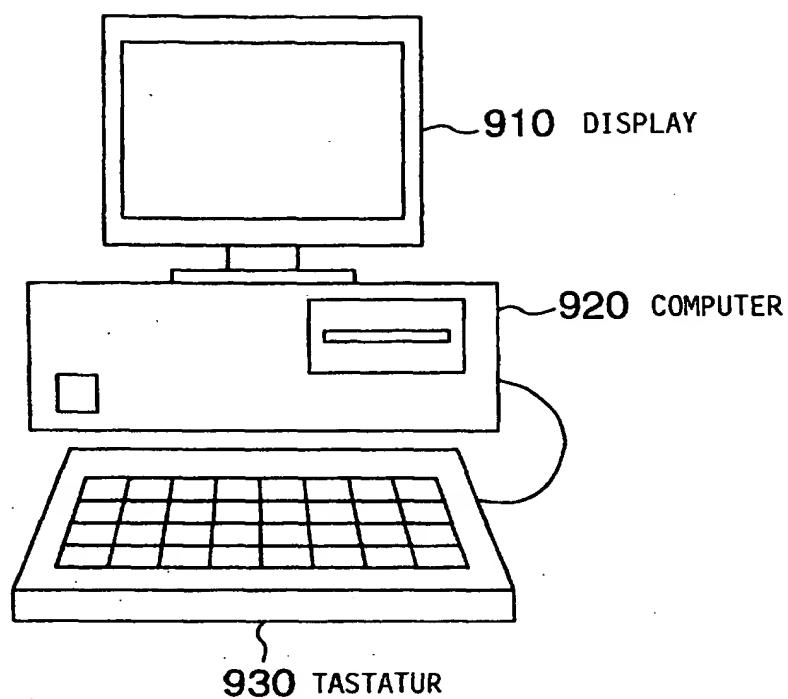


FIG.3

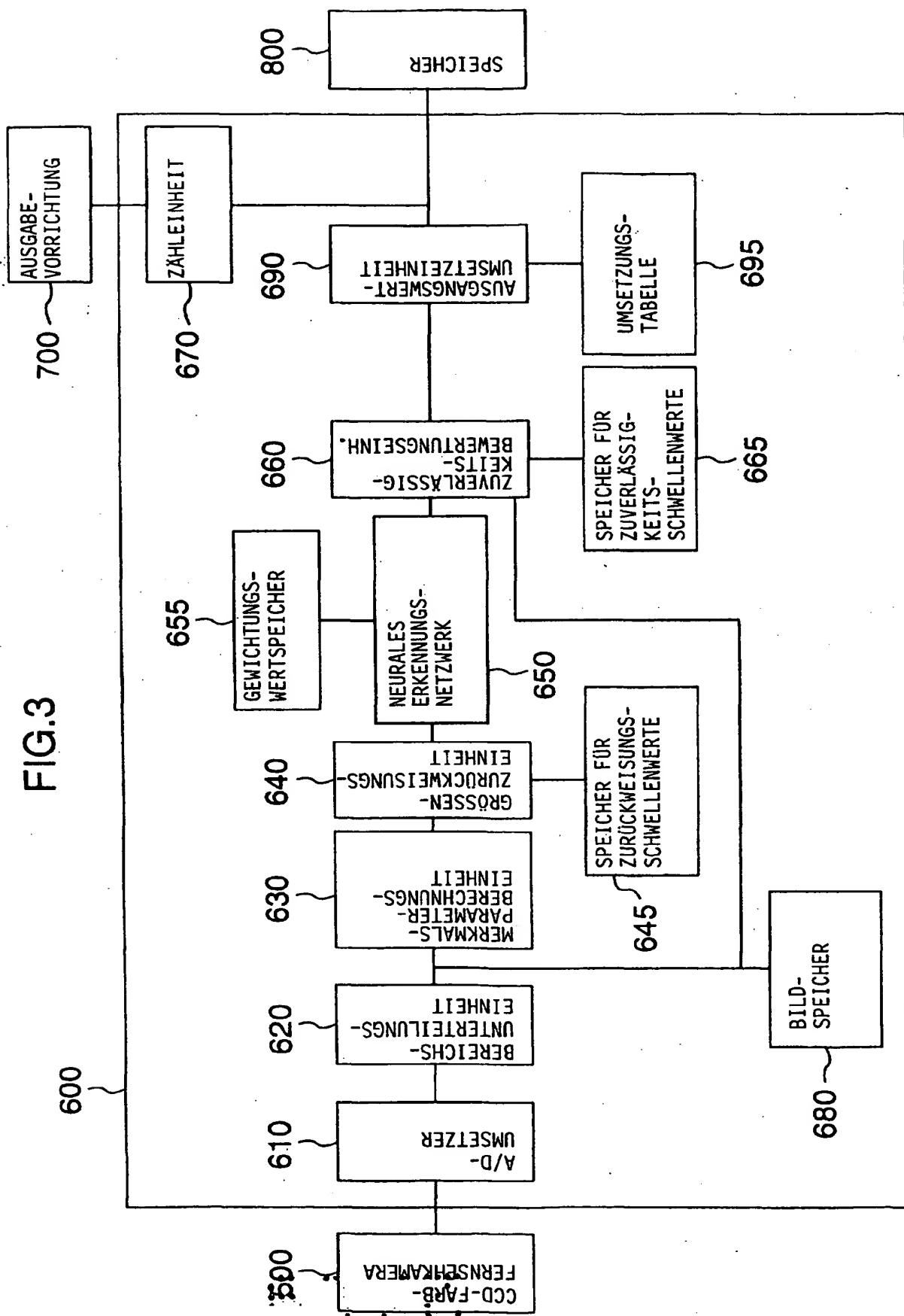


FIG.4

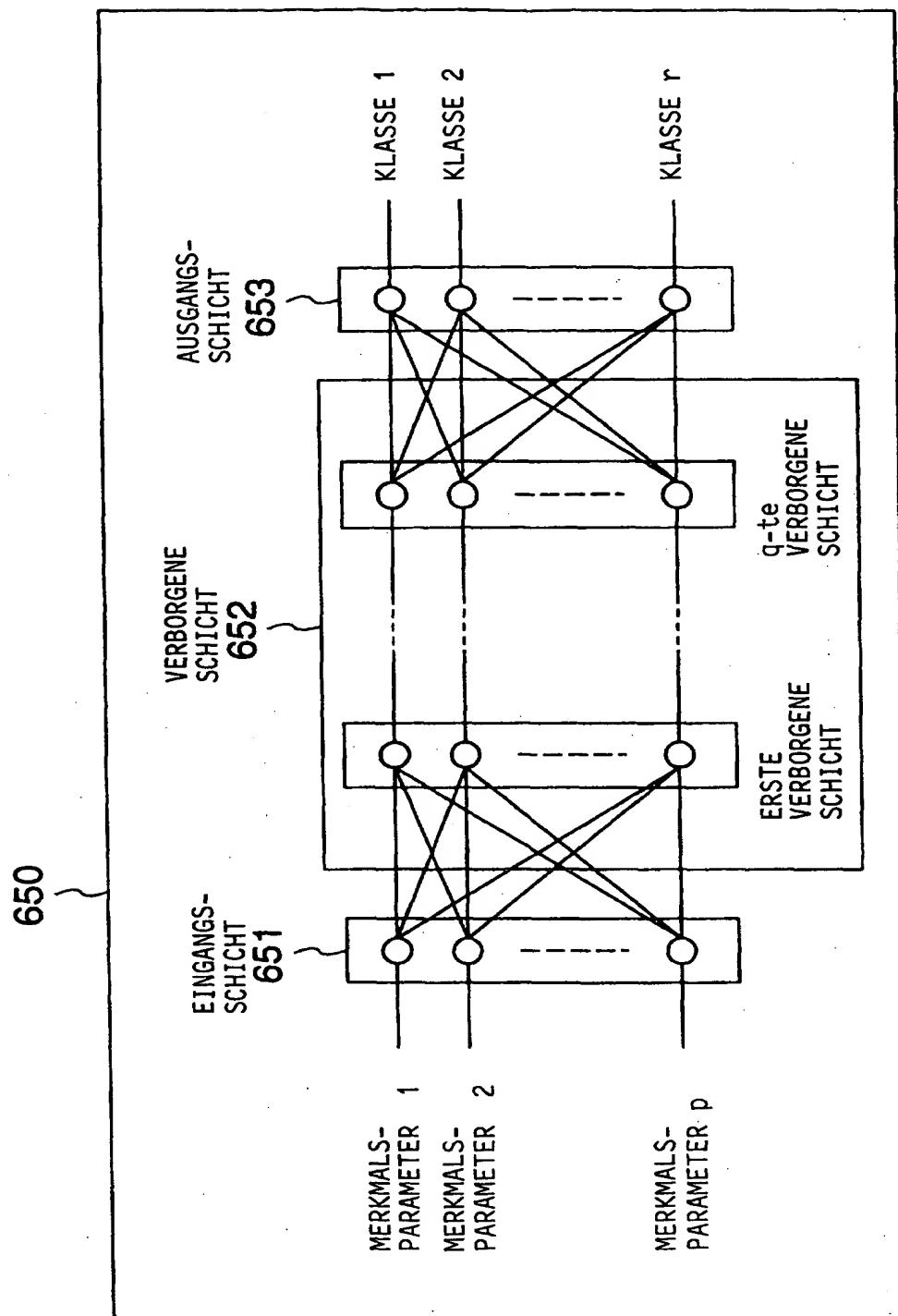


FIG.5

